

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro vyvození hypotermie v oblasti kolenního kloubu  
Arrangement for in the knee-joint area induced hypothermia

Student:

Jakub Srnec

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Zdeněk Noga, Csc.

Ostrava 2015

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Srnec**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení  
Téma: **Zařízení pro vyvození hypotermie v oblasti kolenního kloubu**  
**Arrangement for in the Knee-joint Area Induced Hypothermia**

### Zásady pro vypracování:

Navrhněte zařízení pro potřebu uplatnění léčebné hypotermie v oblasti kolenního kloubu. Při zpracování návrhu zařízení vycházejte z českého patentového spisu 303 114.

### Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – upřesnění zadání, seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a hrubá stavební struktura.
2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.
3. Výrobní výkresovou dokumentaci zařízení.

Rozsah výtahu z rešerše z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5 str., rozsah výkresové části min. 1 A0

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

HUBKA, V. *Konstrukční nauka*. Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8

*Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce*. FS\_SME\_05\_003 verze: G

LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
*vedoucí katedry*



---

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
*děkan fakulty*

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: .....18. 5. 2015.....

.....Limec.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 18.5.2015 .....

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jakub Srnec

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Zábrani 1372, Napajedla 763 61

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

SRNEC, J. *Zařízení pro vyvození hypotermie v oblasti kolenního kloubu*: Bakalářská práce. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2015. 60 s. Vedoucí práce: Noga, Z.

Bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukčním řešením chladicího zařízení pro potřebu vyvození léčebné hypotermie v oblasti kolenního kloubu.

V teoretické části práce je porovnání technologií využívající hypotermii a seznámení s častými problémovými místy v oblasti lidského kolene a s jeho anatomii. V dalším kroku jsou vytvořené požadavky pro konstruování zařízení do požadavkového listu. V morfologické tabulce je uvedený přehled jednotlivých prvků na zařízení a jejich funkce, které jsou od těchto prvků vyžadovány. Konstrukční část pokračuje v hrubé stavební struktuře, kde jsou vytvářeny předběžné náčrty a volby materiálů. V čisté stavební struktuře je s konstruovaná celková sestava zařízení a provedené základní výpočty.

## ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

SRNEC, J. *Arrangement for in the knee-joint area induced hypothermia*: Bachelor thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of production machines and design, 2015. 60 p. Thesis head: Noga, Z.

Bachelor thesis is about design and constructional solution of cooling system for healing hypothermia in the part of knee joint.

In the theoretical part I compare technologies using hypothermia and introduce with parts of human knee which are often problematic and introduce with knee anatomy. In the next step I create requirement for designed equipment to the requirement list. In morphology table I show summary of each elements in this equipment and their functions which are require of this elements. In design part I continue in rough structure where I create preliminarily sketches and I choose materials. In clean structure I construct overall assembly equipment and doing basic calculations. In the end I imagine equipment which should be able to fulfill submitted demands.

## Obsah

Seznam použití značek a symbolů .....	9
Seznam výrazů .....	12
Úvod.....	13
1. Lidské koleno .....	15
1.1. Problematické části kolene .....	15
1.2. Operace vazivových aparátů .....	16
2. Termoregulace.....	17
2.1. Teplota slupky a jádra.....	17
3. Hypotermie.....	18
3.1. Rozdělení hypotermie .....	18
4. Současná řešení řízené hypotermie .....	18
4.1. Kryoterapie .....	18
4.2. Druhy kryoterapií.....	19
4.3. Artic sun [18] .....	19
5. Upřesnění zadání .....	20
6. Stanovení funkční struktury .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
6.1. Technologie .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
6.1.1. Technický proces [7] .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
6.1.2. Blokové schéma technického procesu [7] ....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
6.2. Funkční struktura [7] .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
7. Blokové schéma chladicího zařízení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
8. Stanovení orgánové struktury .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
8.1. Vyhodnocení morfologické matice.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
8.2. Transformace [7].....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
9. Hrubá stavební struktura .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
9.1. Jednoduchý náčrt stavby základní chladicí sestavy	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
9.2. Umístění chladicí sestavy .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
9.2.1. Tepna v místě kolene .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
9.3. Umístění chladicí plochy na nohu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
9.4. Rozměry chlazeného místa .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>

10.	Výběr jednotlivých materiálů pro chladicí sestavu .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
10.1.	Volba materiálu dotykové vložky .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
10.2.	Volba materiálu k rozvodu chlazení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
10.3.	Izolační materiál .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
11.	Výběr jednotlivých komponentů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
11.1.	Peltierův modul .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
11.2.	Chladicí blok .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
11.3.	Fitinky a hadice .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
11.4.	Hybridní konektor[42] .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
12.	Kontrolní prvky .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
12.1.	Ultrazvukový průtokoměr – Ultra TFX .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
12.2.	Odporová teplotní čidla .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
13.	Volba materiálu konstrukce zařízení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.	Čistá stavební struktura .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
14.1.	Sestava chladicího zařízení .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
	<b>VÝPOČTOVÁ ČÁST</b> .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
15.	Výpočet akumulovaného tepla .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
15.1.	Výpočet akumulovaného tepla v dotykové vložce	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
15.2.	Výpočet akumulovaného tepla v hliníkové desce	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
15.3.	Výpočet akumulovaného tepla v izolaci .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
15.4.	Součet akumulovaného tepla .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
16.	Výpočet času potřebného k vychlazení vložky na teplotu 4 °C ....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
16.1.	Výpočet času bez tepelného zatížení člověkem	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
16.2.	Výpočet času s tepelným zatížením člověkem	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
17.	Chladicí blok .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
18.	Výpočet bezrozměrných kritérií .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
20.	Závěr .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
21.	Seznam literatury a webových zdrojů .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
22.	Seznam obrázků .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
23.	Seznam tabulek .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>



24. Seznam výkresů ..... **Chyba! Záložka není definována.**

## Seznam použití značek a symbolů

Značka	Jednotka	Popis
$a$	[m]	délka
$a_{Al}$	[m]	délka hliníkové desky
$a_{DV}$	[m]	délka dotykové vložky
$a_{Izol}$	[m]	délka izolace
$a_{modul}$	[m]	délka Peltierova modulu
$b$	[m]	šířka
$b_{Al}$	[m]	šířka hliníkové desky
$b_{DV}$	[m]	šířka dotykové vložky
$b_{Izol}$	[m]	šířka izolace
$b_{modul}$	[m]	šířka Peltierova modulu
$c$	[m]	výška
$c_{modul}$	[m]	tloušťka Peltierova modulu
$c_p$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita
$c_{pAl}$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita hliníkové desky
$c_{pDV}$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita dotykové vložky
$c_{pIzol}$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita izolace
$c_{pvoda}$	[J·kg <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vody
$d_H$	[m]	hydraulický průměr
$h_{Al}$	[m]	tloušťka hliníkové desky
$h_{DV}$	[m]	tloušťka dotykové vložky
$h_{Izol}$	[m]	tloušťka izolace
$I$	[A]	maximální proud Peltier. Modulu
$m$	[kg]	hmotnost materiálu
$m_1$	[kg]	hmotnost vložky číslo 1
$m_2$	[kg]	hmotnost vložky číslo 2
$m_3$	[kg]	hmotnost vložky číslo 3
$m_4$	[kg]	hmotnost vložky číslo 4
$m_{Al}$	[kg]	hmotnost hliníkové desky
$m_{DV}$	[kg]	hmotnost dotykové vložky
$m_{Izol}$	[kg]	hmotnost izolace
$\dot{m}_{voda}$	[kg·s <sup>-1</sup> ]	hmotnostní průtok vody

Nu	[1]	Nusseltovo číslo
O <sub>blok</sub>	[m]	obvod průtočného průřezu
P <sub>chl</sub>	[W]	chladivý výkon modulu
P <sub>příp</sub>	[W]	přípravný výkon
Pr	[1]	Prandtlovo číslo
Q	[J]	teplo
Q <sub>Al</sub>	[J]	teplo hliníkové desky
Q <sub>celk</sub>	[J]	celkové akumulované teplo
Q <sub>člověk</sub>	[W]	tepelný výkon člověka
q <sub>člověk</sub>	[W·m <sup>-2</sup> ]	tepelný tok člověka
Q <sub>DV</sub>	[J]	tepelo dotykové vložky
Q <sub>Izol</sub>	[J]	tepelo izolace
Q <sub>V</sub>	[kg·s <sup>-1</sup> ]	objemový průtok
Q <sub>V.blok</sub>	[kg·s <sup>-1</sup> ]	objemový průtok v chladicím bloku
Re	[1]	Reynoldsovo číslo
S <sub>blok</sub>	[m <sup>2</sup> ]	plocha průtoku v chladicím bloku
S <sub>chl</sub>	[m <sup>2</sup> ]	chladičí plocha
S <sub>modul</sub>	[m <sup>2</sup> ]	plocha modulu
t <sub>1</sub>	[°C]	teplota na povrchu dotykové vložky
t <sub>2</sub>	[°C]	teplota mezi stěnami 1 a 2
t <sub>3</sub>	[°C]	teplota mezi stěnami 2 a 3
t <sub>4</sub>	[°C]	teplota na povrchu izolace
t <sub>stř</sub>	[°C]	střední teplota
t <sub>vstup</sub>	[°C]	teploty vody při vstupu do chl. bloku
t <sub>výstup</sub>	[°C]	teploty vody při výstupu z chl. Bloku
U	[V]	maximální napětí Peltier. Modulu
V	[m <sup>3</sup> ]	objem materiálu
V <sub>1</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem vložky číslo 1
V <sub>2</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem vložky číslo 2
V <sub>3</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem vložky číslo 3
V <sub>4</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem vložky číslo 4
V <sub>Al</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem hliníkové desky
V <sub>DV</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem dotykové vložky
V <sub>Izol</sub>	[m <sup>3</sup> ]	objem izolace
w	[m·s <sup>-1</sup> ]	rychlost průtoku kapaliny

$\Delta t$	[°C]	rozdíl teplot
$\Delta t_{Al}$	[°C]	rozdíl teplot v hliníkové desce
$\Delta t_{DV}$	[°C]	rozdíl teplot v dotykové vložce
$\Delta t_{Izol}$	[°C]	rozdíl teplot v izolaci
$\Delta t_{modul}$	[°C]	teplotní rozdíl Peltierova modulu
$\Delta t_{stř}$	[°C]	střední logaritmický rozdíl teplot
$\alpha$	[W·m <sup>-2</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	součinitel přestupu tepla
$\eta$	[Pa·s <sup>-1</sup> ]	dynamická viskozita vody
$\lambda$	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	tepelná vodivost
$\lambda_{Al}$	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	tepelná vodivost hliníkové desky
$\lambda_{DV}$	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	tepelná vodivost dotykové vložky
$\lambda_{Izol}$	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	tepelná vodivost izolace
$\lambda_{voda}$	[W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> ]	tepelná vodivost vody
$\nu$	[m <sup>2</sup> ·s <sup>-1</sup> ]	kinematická viskozita vody
$\rho$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota materiálu
$\rho_1$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota vložky číslo 1
$\rho_2$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota vložky číslo 2
$\rho_3$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota vložky číslo 3
$\rho_4$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota vložky číslo 4
$\rho_{Al}$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota hliníkové desky
$\rho_{DV}$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota dotykové vložky
$\rho_{Izol}$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota izolace
$\rho_{voda}$	[kg·m <sup>-3</sup> ]	hustota vody
$\tau$	[s]	doba vychlazení bez zatížení
$\tau_{zat}$	[s]	doba vychlazení se zatížením člověkem

## Seznam výrazů

ACL .....	Anterior cruciatum ligamentum (přední zkřížený vaz)
Allogenní štěp .....	Štěp od dárců
Artroskopie .....	Operační zákrok
Distenze .....	Praskliny
Distorze .....	Podvrtnutí
Eloxování .....	Chemicko – tepelná úprava povrchu
Femur .....	Stehenní kost
Fixace .....	Zpevnění
Hamstrings .....	Svalové ohybače kolena
Hypotermie .....	Pokles teploty
Indikace .....	Důvod pro užití postupu
Knee .....	Koleno
Kontraindikace .....	Zákaz užití postupu
Ligament .....	Vaz
Meniscus .....	Vazivová chrupavka
Osteofyty .....	Kostěné výrůstky
Patella .....	Češka
PCL .....	Posterior cruciatum ligamentum (zadní zkřížený vaz)
Quadriceps .....	Sval stehenní
Reaktoplast .....	Hmota tvrdnoucí teplem
Tejp .....	Pružná páska
Tibia .....	Holenní kost
Vazokonstrikce .....	Stažení cév
VPV .....	Vnitřní postranní vaz

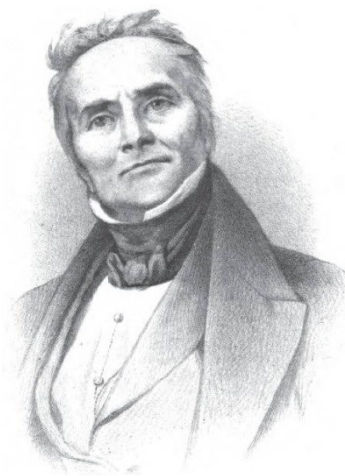
## Úvod

Cílem bakalářské práce je navrhnout chladicí zařízení pro vyvození léčebné hypotermie v oblasti kolenního kloubu. Zvolené téma jsem si vybral z důvodu bývalého hráče ledního hokeje. U tohoto sportu jsem se často setkával s problematikou zranění kolene.

Navržené chladicí zařízení pro koleno vytváří rehabilitační účinek, který není závislý na ceně medikamentu a byl by využíván po operaci nebo při bolestech vazivového aparátu kolene. Rehabilitovaná osoba by měla zůstat při používání zařízení v ležící poloze.

Na základě českého patentového spisu 303 114 – Zařízení pro aplikaci hypotermie [5] jsou použity hlavními chladicími prvky Peltierovy moduly, které vytváří chladicí efekt rozpínající se na poraněnou tkáň části kolene. Následně dochází k utlumení bolesti kolene a zlepšení léčebného efektu.

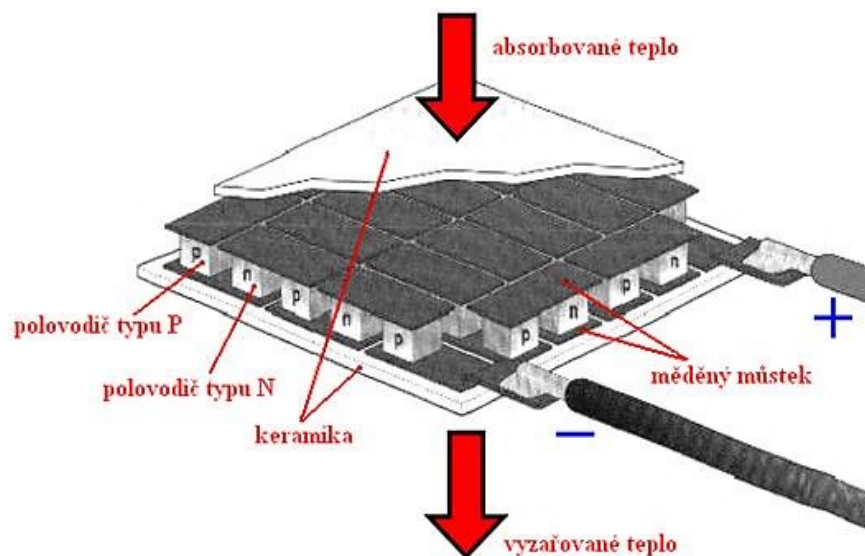
Peltierův modul je chladicí článek, který pracuje na základě Peltierova jevu, který byl objeven v roce 1834 francouzským fyzikem Jean-Charles-Athanase Peltierem. [29]



*Obr. 1 Jean-Charles-Athanase Peltier (1785-1845)[29]*

Základním principem Peltierova jevu je teplotní rozdíl mezi stranami článku. Průtokem elektrického proudu do článku, dochází mezi polovodičovými tělísky a spojovacím můstkem k zahřátí jedné strany keramické plochy a k ochlazení druhé strany keramické plochy článku (Obr. 2). [30]

Peltierovy články byly zprvu používány ve vojenské a kosmické technice pro jejich přesnou regulaci teploty a chlazení. V současné době jsou články používány v průmyslových, lékařských a ve vědeckých oborech. Jejich uplatnění můžeme najít v autochladničkách, počítačové technice nebo ve fotoaparátech. [14, 30]

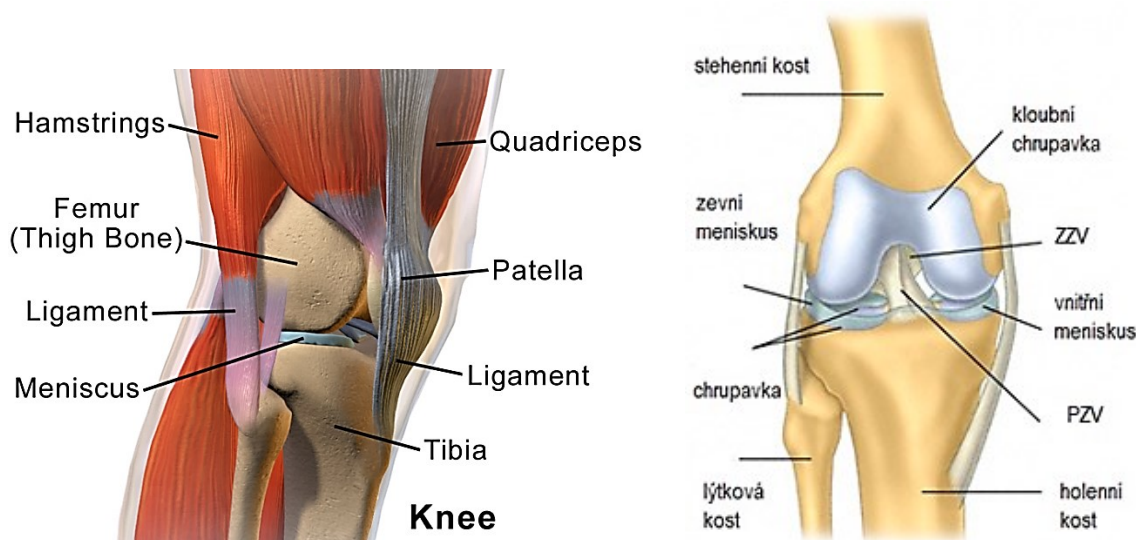


Obr. 2 Peltierova termobaterie [13]

## 1. Lidské koleno

Kolenní kloub je složitý lidský mechanismus, který spojuje tři kosti: femur, tibia a patellu. Skládá se z artikulujících kostí, menisků, kloubních pouzder, vazů a svalů. Vazy společně s tvarem kloubních ploch rozhodují o kinematice kloubu a zajišťují jeho pasivní stabilitu. [2]

Dynamickou stabilitu zajišťují svalové skupiny, z nichž nejvýznamnější je čtyřhlavý sval stehenní na přední straně a ohybače kolena na straně zadní. Jejich hlavním úkolem je stabilizovat koleno, nohu a následně celé tělo při chůzi nebo při běhu. [4]



Obr. 3 - 4 Anatomie a struktura kolenního kloubu [1, 3]

### 1.1. Problematické části kolene

K častým poškozením dochází převážně v měkkých tkáních. Konkrétně v kolenu dochází k úrazům v oblasti kolenních vazů (postranních, zkřížených). Tato zranění se nejvíce vyskytují u sportovců nebo při namáhavých činnostech.

K poškození postranních vazů dochází při podvrtnutí (distorzi), kdy se násilně deformuje koleno do tvaru písmene „X“ (poškozuje se tím vnitřní postranní vaz), nebo do tvaru písmene „O“ (zevní postranní vaz). Průběh poškození probíhá tak, že je bérce fixován a tělo se setrvačností pohybuje na vnitřní nebo zevní stranu, kdy může dojít k mikroskopickým prasklinkám (distenze vazů) a k částečnému nebo k úplnému přetržení vazů. [4]



## Typy poranění vazů

- Natažení vazů (klinicky se projevují bolestí, ale vaz je neporušen)
- Částečné přetržení vazů (pevnost vazů je snížena z důvodu jeho prodloužení a bolest se projevuje klinicky)
- Úplné přetržení vazů (kontinuita vazů je porušena) [2]

## Obecná terapie

Poranění vazů léčíme nejdříve konzervativně. Konzervativní léčbou se doporučuje klid, aplikace chladu, speciální ortézy a tejpovací techniky [2]

### 1.2. Operace vazivových aparátů

- ACL

Pro přední zkřížený vaz máme několik metod artroskopické rekonstrukce kolene. Základním rozdílem mezi jednotlivými typy operací je výběr štepů a způsoby zpevnění nohy. V České republice se provádí převážně dva typy operačních metod. Jedna z operačních metod je odebrání patelární šlachy a další metodou je výběr štepů ze šlachy na zadní straně stehna. Zde se odebere dlouhý pruh, který se upraví do požadovaného tvaru a vloží se na místo předního zkříženého vazů. Volba štepů závisí na věku, stavu a zatížení vazivových aparátů, typu člověka a celkovém nálezu na ostatních šlachách. V současné době se začalo využívat i allogenních štepů (transplantace štěpem dárce), které musí být stejný typ tkáně jako u pacienta. [32]

- PCL

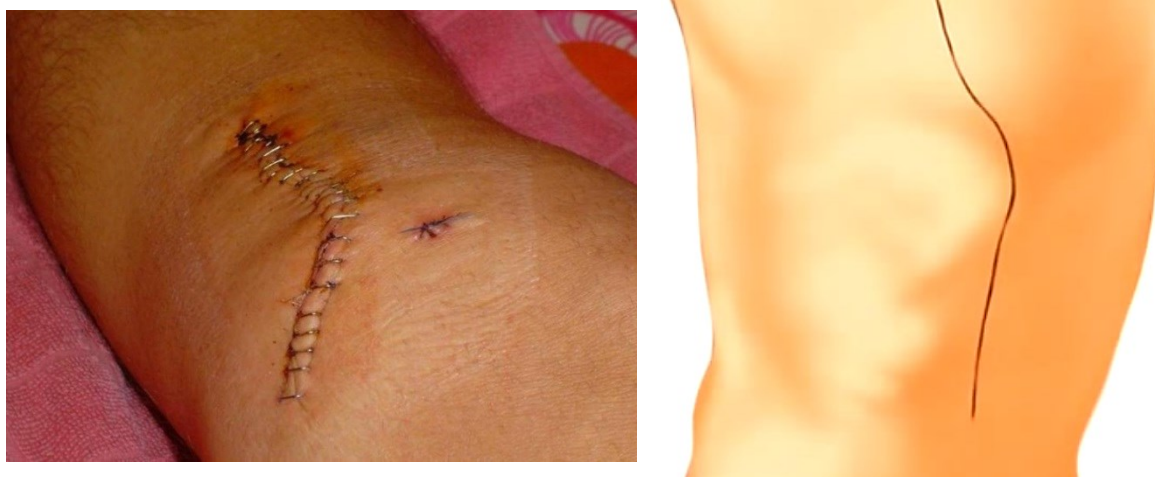
Rekonstrukce zadního zkříženého vazů se řeší artroskopicky, kde výběr štepů se od ACL neliší. Pro přetržení PCL je zapotřebí hrubého násilí, kde dochází současně s poraněním zkříženého i ostatních vazů. Operace je tedy složitější a proto se provádí na speciálních pracovištích. [31]

- VPV

U poranění vnitřního postranního vazů dochází převážně k jeho natažení.

Léčba se řeší konzervativně s pomocí vhodnou fixací. Může dojít i k rozevření kloubní štěrbiny, kde poranění je kombinované (zkřížené, postranní vazy) a tady se musí přistoupit k operačnímu řešení. [33]

#### **Operativní zákrok na vazivovém aparátu**



*Obr. 5 Směr operačního řezu [19, 3]*

## **2. Termoregulace**

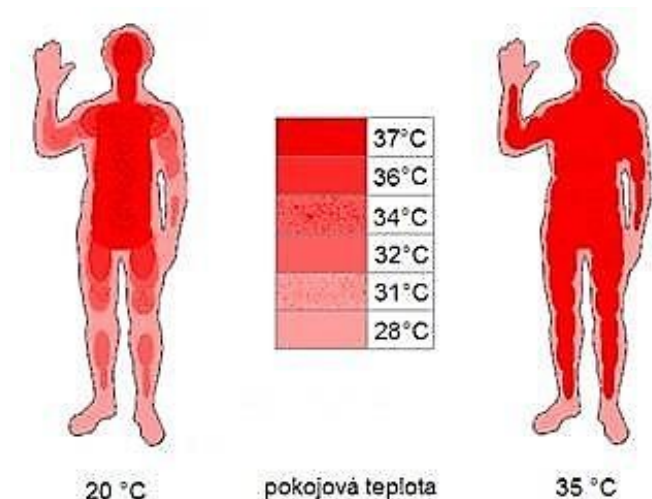
Teplota lidského těla se běžně pohybuje v rozmezí 35,8 – 37 °C. Kolísání teploty člověka během dne se pohybuje mezi 0,5 – 0,7 °C, kde ve spánku je teplota nejnižší a nejvyšší je na večer. Teplota stoupá při tělesném zatížení. Organismus se snaží teplotu člověka udržovat v rovnováze s teplotou prostředí nebo např. při fyzické aktivitě. [8]

### **2.1. Teplota slupky a jádra**

Teplota slupky a jádra závisí na stavu organismu, na teplotě, vlhkosti a proudění vzduchu v okolí a na oblečení měřeného. Teplota jádra je udržována ve stálém rozmezí díky tomu, že je od okolí izolována kůží, podkožním vazivem a tukovou vrstvou.

Slupkou jsou části těla, jejichž tělesná teplota se částečně mění vlivem okolí (končetiny, hlava, povrchové části těla).

Teplota jádra je relativně konstantní, nezávislá na teplotě okolí. Je to teplota v hrudní a břišní dutině, kde např. hodnota v játrech se pohybuje mezi 39 – 40 °C. [9]



Obr. 6 Teplotní zóny těla [8]

### 3. Hypotermie

Hypotermie nastává při poklesu teploty lidského jádra pod hranici 35 °C. Lidské tělo reaguje na podchlazení třesem, vazokonstrikcí (zúžením cév) nebo zrychlením tepové frekvence, aby udrželo normální teplotu lidského těla.[10]

#### 3.1. Rozdělení hypotermie

- Mírná hypotermie: 32 – 35 °C, plné vědomí a vznik svalového třesu
- Střední hypotermie: 28 – 32 °C, porucha vědomí a bez svalového třesu
- Těžká hypotermie: pod 28°C, v bezvědomí [11]

### 4. Současná řešení řízené hypotermie

#### 4.1. Kryoterapie

Je to léčebný proces, při kterém je lidský organismus krátkodobě vystaven extrémně nízkým teplotám. [15, 17]

Pravidelné postupování kryoterapie ovlivňuje pozitivně [15]

- pooperační, poúrazové a chorobné změny kosterního a svalového aparátu
- projevy zánětlivých a degenerativních onemocnění kloubů

- odstraňuje otoky a záněty v oblasti končetin a snižuje bolestivost

## 4.2. Druhy kryoterapií

Jednotlivé druhy terapií se liší podle velikosti plochy těla, na kterou se působí.

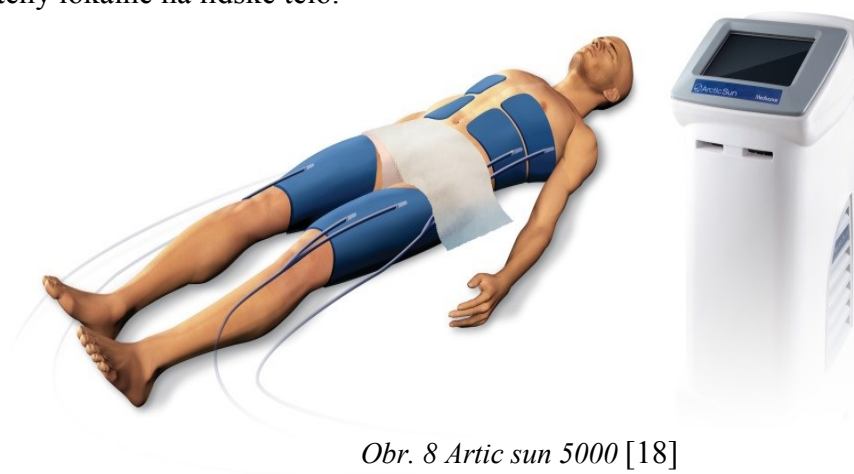
- Celotělová- teploty až do  $-160^{\circ}\text{C}$ , užití kapalného dusíku nebo vzduchu zbaveného vlhkosti, silné působení, nutnost kontroly zdravotního stavu, určení přesné indikace a kontraindikace. Jedná se kryokomory tzv. polária nebo kryosauny, u nichž je hlava mimo tubus a pacient dýchá teplý vzduch.
- Lokální- chlazení až do  $-30^{\circ}\text{C}$ , použití chlazení studeným vzduchem, kapalným dusíkem, chlazenou vodou, podle konstrukce přístroje.



*Obr. 7 Celotělová kryoterapie [16]*

## 4.3. Artic sun [18]

Artic sun je zařízení, které využívá protékání chlazené vody do polštářků, které jsou umístěny lokálně na lidské tělo.



*Obr. 8 Artic sun 5000 [18]*

*Následující text je předmětem řízení o ochraně průmyslového vlastnictví a je obsažen v technické zprávě. Technická zpráva bude poskytnuta při obhajobě bakalářské práce. Technická zpráva je uložena u vedoucího bakalářské práce a bude zpřístupněna po předložení žádosti.*

























































































